

УДК 551.528.2/2(476)

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
В РАЙОНАХ ВЗАИМОУСЛОВЛЕННОГО ВЛИЯНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ  
И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ**

**канд. техн. наук, доц. Г.А. ШАРОГЛАЗОВА  
(Полоцкий государственный университет)**

*Исследуется проблема взаимообусловленного влияния тектонических и техногенных факторов на состояние земной коры в районах активной хозяйственной деятельности человека в Республике Беларусь: Старобинское месторождение, Полоцкая ГЭС, магистральные трубопроводы, Островецкая АЭС. Показано, что контролирующие геодезические построения должны охватывать тектонические разломы, к которым обычно оказываются приурочены эпицентры сейсмических событий. Необходимо, чтобы высокоточные GPS-Глонасс измерения в геодезических построениях дополнялись геолого-геофизическими и сейсмологическими исследованиями.*

Известно, что оборотная сторона наблюдаемого нами стремительного научно-технического прогресса – ухудшение экологии на планете Земля, возрастание количества аварий на инженерных сооружениях, а также увеличение геологической опасности в целом вследствие взаимообусловленности влияния различных факторов на окружающую среду.

Так, жизнедеятельность людей, связанная с разработкой месторождений полезных ископаемых, строительством и эксплуатацией ГЭС, магистральных трубопроводов, тоннелей и других инженерных сооружений в совокупности с природной тектонической активностью района могут усилить геологическую опасность до катастрофического уровня [5]. Примером такого усиления являются следующие известные примеры:

- Гиссарское землетрясение (23.01.1989,  $M = 5,5$ , 30 км от Душанбе) произошло в зоне крупного Илякского разлома на глубине 5 – 7 км. Сотрясение в локальной эпицентральной зоне достигло 8 – 9 баллов, но его разрушительный эффект был усилен вследствие оползня, сошедшего на селения и похоронившего сотни людей. Причины оползания: землетрясение, повышенная обводненность рыхлых четвертичных отложений, обусловленная неисправностью проходящего над ними оросительного канала;
- серия Газлийских землетрясений, произошедших на северо-западе сейсмоактивного Узбекистана в 1976 – 1984 годах в районе газового месторождения;
- разрушительное землетрясение в городе Нефтегорск (Сахалин, Россия), в 1995 году (тектоническая активность, усиленная разработкой нефтяного месторождения);
- землетрясение с  $M = 6,4$  в Индии, случившееся 11 декабря 1967 года после заполнения водохранилища в районе плотины Койна (погибло 177 человек).

Обширный комплекс подобных проблем может возникнуть и вокруг нефтегазового комплекса при бурении на шельфе Каспийского моря, относящегося к сейсмически неблагоприятному району.

Приведенные примеры свидетельствуют, что в практике изысканий и организации контроля над функционированием ответственных инженерных сооружений, а также состоянием земной коры в районах их расположения следует отходить от доминирующего в настоящее время подхода отдельной оценки каждого вида опасности – сейсмической, гидрогеологической, инженерной, обвально-оползневой и т.д. Надо учитывать взаимообусловленность всех влияний, прежде всего при строительстве АЭС, ГЭС, химических, нефтегазовых сооружений, а также в районах добычи полезных ископаемых. Соответственно этому должен строиться и наш подход к мониторингу окружающей среды и прогнозу неблагоприятных ситуаций.

Территория Республики Беларусь не является исключением. Она имеет сложное геологическое строение, содержит различные тектонические структуры и разломы разной степени тектонической активности. В Беларуси эксплуатируются месторождения полезных ископаемых, проходят магистральные газо- и нефтепроводы, строятся ГЭС и, наконец, АЭС. Для нашей страны можно привести достаточно большое число примеров сочетания тектонических и техногенных влияний на состояние земной коры.

В данной работе рассмотрим Старобинское месторождение, магистральные трубопроводы, Полоцкую ГЭС и проектируемую Островецкую АЭС.

**Старобинское месторождение**

Старобинское месторождение – крупнейшее месторождение калийных солей, расположено в северо-западной части тектонически-активной структуры Припятский прогиб на территории Минской области. Оценкой возможного влияния последствий его эксплуатации на тектонику района занималось большое число известных исследователей (В.Н. Губин, Г.И. Каратаев, А.Г. Аронов, Т.И. Аронова и др.). Результаты исследований показали, что многолетняя эксплуатация Старобинского месторождения привела в XXI веке к сложной экологической ситуации в районе, вызванной засолением почв и подземной гидросферы,

трансформацией рельефа земной поверхности, активностью сейсмотектонических процессов и другими изменениями геологической среды.

Недостатком этих исследований, на наш взгляд, является слабое использование возможностей метода повторных геодезических измерений, которые на данном месторождении ведутся практически в пределах подрабатываемых территорий, почти не затрагивая тектонические разломы, ответственные за возможные сейсмические катастрофы. Ввиду того, что грамотно поставленные повторные геодезические измерения, дополненные геолого-геофизическими и сейсмологическими исследованиями, позволяют зафиксировать деформации объекта, вызванные как тектоническими факторами, так и обусловленные совокупностью различных воздействий. Обратим внимание на тектоническое строение района месторождения.

В структурном отношении Старобинское месторождение приурочено к Старобинской центриклинали, центральное место в которой занимает Стоходско-Могилевский разлом (рис. 1).

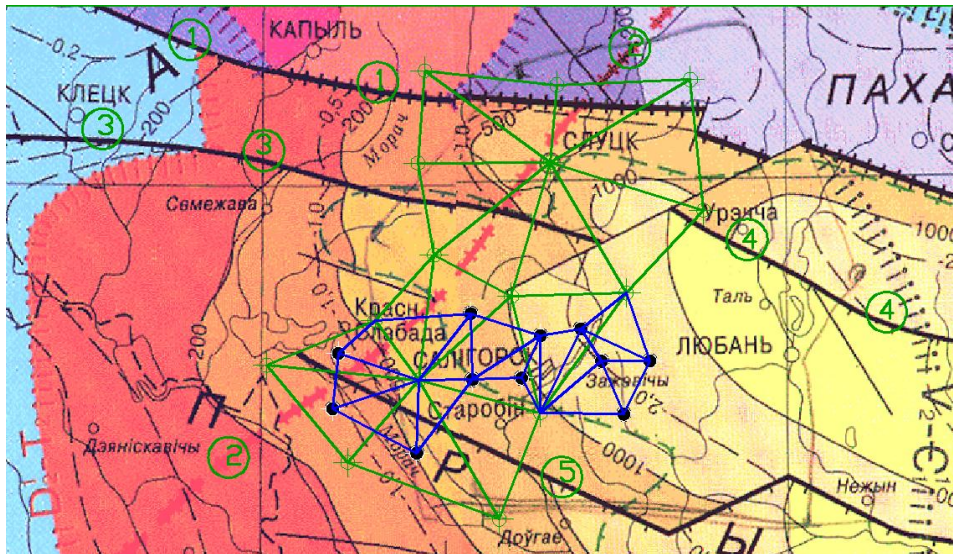


Рис. 1. Расположение тектонических разломов в районе Старобинского месторождения [4] и предлагаемая схема геодинамического полигона в виде треугольников (зеленым обозначены геодезические построения 1-го уровня; синим – геодезические построения 2-го уровня).  
Тектонические разломы: 1 – Северо-Припятский; 2 – Стоходско-Могилевский;  
3 – Ляховичский; 4 – Речицкий; 5 – Червонослободско-Малодушинский

По данным геофизических, аэрогеологических и горно-геологических исследований на месторождении установлены три тектонические зоны [2; 6]:

- 1) северная тектоническая зона (соответствует отдельным звеньям Ляховичского и Речицкого разломов);
- 2) южная тектоническая зона (содержит часть Червонослободских тектонических нарушений);
- 3) центральная зона (сопряжена с одним из фрагментов Стоходско-Могилевского суперрегионального разлома).

На рисунке 2 приведена карта проявления сейсмотектонических процессов на территории Беларуси [1], согласно которой максимальная концентрация землетрясений наблюдается в районе Солигорска. Эпицентры землетрясений приурочены к тектоническим разломам: Стоходско-Могилевскому, Северо-Припятскому, Ляховичскому, Речицкому и т.д.

Анализ землетрясений, наблюдаемых в течение последних 40 лет в районе Старобинского месторождения, которое разрабатывается с 1961 года, также показал на их приуроченность к тектоническим разломам. Так, землетрясение 10.05.1978 (д. Кулаки) силой 4 – 5 баллов произошло вблизи Червонослободского разрывного нарушения; землетрясение 02.12.1983 (к = 9) – на пересечении Стоходско-Могилевского и Северо-Припятского тектонических разломов; землетрясение 15.03.1988 (5 баллов) приурочено к Стоходско-Могилевскому тектоническому разлому; эпицентры серии землетрясений, наблюдаемых с января по сентябрь 1999 года, располагаются в центральной и южной тектонических зонах, т.е. опять же связаны с указанными тектоническими разломами.

Таким образом, эксплуатация месторождения не только вызвала изменения рельефа из-за просадки земной поверхности, засоление почвы, но и активизировала сейсмотектонические процессы на разломах, контролирующих территорию разработок и город Солигорск со 100-тысячным населением, что может привести к катастрофическим событиям. Поэтому в районе Старобинского месторождения

необходимо организовать геодинамический полигон (ГДП), территория которого охватывала бы все тектонические структуры и разломы: Северо-Припятский, Ляховичский, Речицкий, Червонослободско-Малодушинский и Стоходско-Могилевский (см. рис. 1).

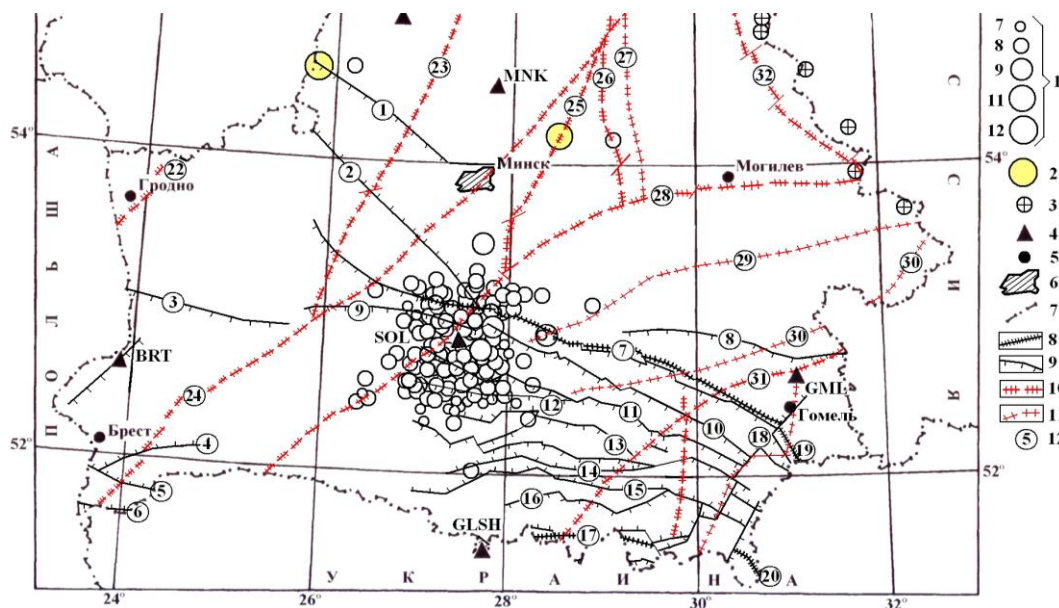


Рис. 2. Карта проявления сейсмотектонических процессов на территории Беларуси<sup>1</sup>:

- 1 – энергетический класс землетрясений; 2 – эпицентр исторического землетрясения; 3 – землетрясение по данным международных центров; 4 – сейсмическая станция; 5 – населенный пункт; 6 – город; 7 – государственная граница; 8 – суперрегиональные, ограничивающие крупнейшие надпорядковые структуры; 9 – региональные и субрегиональные; 10 – суперрегиональные, разграничивающие крупнейшие области разного возраста переработки; 11 – региональные и субрегиональные; 12 – названия разломов (1 – Ошмянский, 2 – Налибокский, 3 – Свислочский, 4 – Дивинский, 5 – Северо-Ратновский, 6 – Южно-Ратновский, 7 – Северо-Припятский, 8 – Суражский, 9 – Ляховичский, 10 – Речицкий, 11 – Червонослободско-Малодушинский, 12 – Копаткевичский, 13 – Шешовичский, 14 – Сколодинский, 15 – Наровлянский, 16 – Ельский, 17 – Южно-Припятский, 18 – Лоевский, 19 – Северо-Днепровский, 20 – Южно-Днепровский, 21 – Полоцкий, 22 – Лосто-Коский, 23 – Кореличский, 24 – Выжевско-Минский, 25 – Борисовский, 26 – Чашникский, 27 – Бешенковичский, 28 – Стоходско-Могилевский, 29 – Кричевский, 30 – Чечерский, 31 – Пержанско-Симоновичский, 32 – Витебский)

Геодезическую сеть ГДП можно организовать в виде двух уровней:

- первый уровень контролирует региональные разломы и состоит из 14 пунктов;
- второй уровень охватывает подработанную территорию и состоит также из 14 пунктов, 4 из которых совмещены с сетью первого уровня.

Измерения следует выполнять двухчастотными спутниковыми приемниками с частотой примерно один раз в год. Геодезические исследования, конечно, должны сопровождаться геофизическим и сейсмологическим мониторингом.

#### Полоцкая ГЭС

Полоцкая ГЭС запроектирована на реке Западной Двине у деревни Лучно. Она является частью каскада ГЭС на Западной Двине, состоящего из проектируемых белорусских ГЭС (Полоцкой, Бешенковичской, Витебской, Верхнедвинской) и построенных в 1930 – 1970 годы латвийских ГЭС (Кегумская, Плявиньская и Рижская общей мощностью более 1000 МВт).

В районе латвийских ГЭС наблюдалась серия землетрясений (1976 г. – землетрясение в Эстонии силой 6 баллов, ощущалось и в Риге; 2004 г. – Калининградское землетрясение силой 6 баллов, в Латвии – 5 баллов; декабрь 2004 г. – мерзлотные землетрясения в Риге и Даугавпилсе).

Аналогичная ситуация может возникнуть и в районе Полоцкой ГЭС, меньшей по мощности, но строящейся на той же самой реке и принадлежащей практически к тому же самому Полоцко-Курземскому поясу тектонических разломов, что и гидроэлектростанции прибалтийского государства.

<sup>1</sup> Составила Т.И. Аронова, расположение разломов дано с использованием материалов монографии «Геология Беларуси», 2001.



В 2006 году в районе ГЭС [9] выполнялись предпроектные геодинамические исследования, в ходе которых было установлено, что плотина Полоцкой ГЭС находится в зоне влияния двух глубинных разломов – Полоцкого и Чашникского (рис. 3). Разломы этой категории характеризуются избытком оперяющихся локальных разломов.

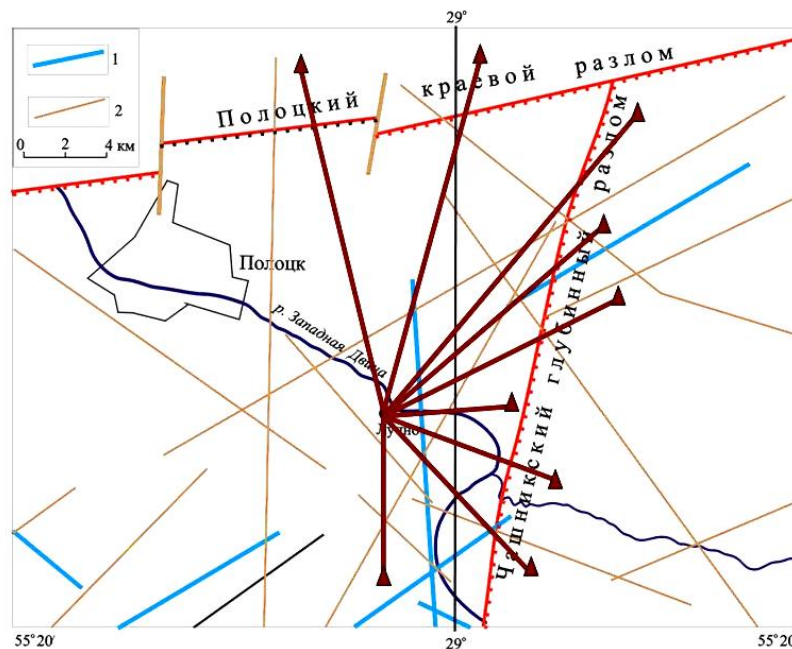


Рис. 3. Схема Полоцкого геодинамического полигона, наложенная на фрагмент схемы разломов литосферы Беларуси в районе Полоцкой ГЭС: 1 – флексурно-разломные зоны активизации; 2 – разломы кристаллического фундамента. Коричневыми линиями показаны стороны геодезической сети Полоцкого геодинамического полигона, запроектированного в виде обсерватории с центром в районе плотины ГЭС (Лучно)

Кроме того, была составлена детальная схема расположения тектонических разломов на площадку Полоцкой ГЭС и установлено следующее:

- в месте проектируемого расположения плотины гидроузла в кристаллическом фундаменте присутствует фрагмент относительно региональных разломов, который является причиной излучины реки;
- наличие сейсмической опасности на площадке строительства от возникновения местных небольших, а также сильных землетрясений других регионов.

В результате выполнения исследования даны рекомендации Витебскэнерго о необходимости выполнения постоянного геодинамического мониторинга (сейсмологического, геодезического и геофизического) в районе размещения Полоцкой ГЭС и прилегающих территорий с целью прогноза возможного проявления наведенной или вызванной сейсмичности.

Дальнейшие исследования 2006 – 2010 годов по ГПОФИ не только подтвердили опасения [9] о непростой сеймотектонической обстановке в районе строительства Полоцкой ГЭС, но и усилили их. Оказалось, что установленные на этапе предпроектных исследований фрагменты относительно региональных разломов в кристаллическом фундаменте проявили себя как развивающиеся разломные зоны, способные привести к дестабилизации геодинамической обстановки вблизи них. При этом вызывающие опасения активные процессы связаны прежде всего с зоной динамического влияния Туровлянского разлома, секущего р. Западную Двину в месте строительства гидроузла Полоцкой ГЭС [3].

В связи с этим в районе Полоцкой ГЭС также необходимо создать геодинамический полигон с контролирующими разломы геодезическими и геофизическими построениями. Здесь, на наш взгляд, следует организовать систему GPS-Глонасс наблюдений в виде обсерватории с центром вблизи плотины (см. рис. 3). Радиальная система линий, пересекая вызывающие опасения разломы (Чашникский, Полоцкий, Туровлянский), будет контролировать их.

#### Магистральные трубопроводы Беларуси

Известно, что магистральные нефте- и газопроводы относятся к классу ответственных и экологически опасных инженерных сооружений. Они распространяются на многие километры и пересекают большое число тектонически-активных структур и разломов. К сожалению, аварии на них не являются

редкостью и часто составляют порядка 80 % от их общего числа [7; 8], наблюдается приуроченность аварий на магистральных трубопроводах к тектоническим разломам и тектонически-активным структурам.

Выполненный в [8] анализ свидетельствует о наличии фактора геолого-тектонической обусловленности аварий на магистральных трубопроводах Беларуси, который в совокупности с техногенным воздействием (нагрев труб, изменение давления) усиливает вредные влияния на устойчивость трубопровода, разрушая его.

Понятно, что рассчитать комплексное влияние тектонических, геологических, грунтовых, климатических и техногенных факторов на напряженно-деформированное состояние трубопровода при существующем подходе сложно, так как трудно определить и отделить каждое отдельное влияние, а затем вывести из совокупности всех влияний некоторый результирующий вектор. Поэтому в инженерных расчетах магистральных трубопроводов обычно оценивают отдельно влияние грунтовых или технологических факторов, практически не учитывая геодинамические факторы, что неправильно.

На наш взгляд, выходом из сложившейся ситуации может послужить постановка повторных геодезических измерений по деформационным маркам, установленным в местах частых аварий на трубопроводе. Это позволит определить количественные характеристики изменения положения трубопровода от его проектного положения, вызванного всем комплексом воздействий. По всей видимости, для оценки изменения напряженно-деформированного состояния магистрального трубопровода в данном случае потребуются и несколько иные вычислительные схемы.

#### Атомная электростанция

Известно, что в Республике Беларусь выбрали площадку под строительство АЭС и практически уже приступили к ее возведению. В выполнении предпроектных геодинамических исследований принимали участие такие организации, как Институт природопользования и Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси, РУП «Белгеодезия», которые дали заключение о наиболее подходящем месте для размещения объектов Белорусской АЭС в районе деревни Островец Гродненской области.

Тем не менее нельзя не отметить, что Островецкая площадка находится в зоне влияния тектонически-активного Ошмянского разлома (рис. 4), вблизи которого в 1908 году произошло самое крупное в истории Беларуси (7-балльное) Гудогайское землетрясение. Этот факт настораживает. По нашему мнению, следует, по крайней мере, наладить систему контроля над активностью расположенных в районе площадки разломов.

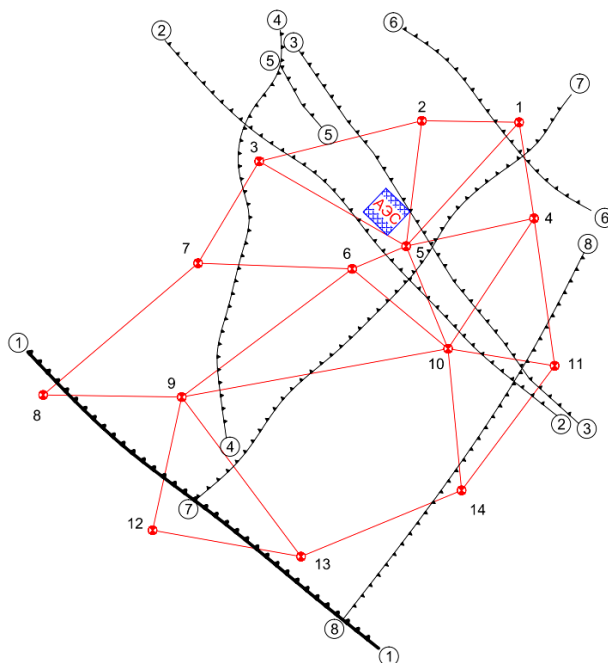


Рис. 4. Схема контролирующих разломы геодезических построений в районе Островецкой АЭС:  
1 – Ошмянский разлом; 4 – Гудогайский разлом; 1, 2, 3... 14 – пункты GPS-Глонасс сети

Предлагаемая нами схема контролирующих построений (см. рис. 4) нацелена на использование двухчастотных GPS-ГЛОНАСС приемников, закреплена надежными, максимально устойчивыми к влияниям нетектонического происхождения центрами, снабженными устройствами для принудительного

центрирования. Методика измерений должна позволить получить характеристики движений на тектонических разломах с точностью первых миллиметров.

Геодезические наблюдения следует также дополнить геофизическими и сейсмологическими исследованиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аронова, Т.И. Особенности проявления сейсмотектонических процессов на территории Беларуси / Т.И. Аронова // Литосфера. – 2006. – № 2(25). – С. 103 – 110.
2. Экология геологической среды: учеб. пособие / В.Н. Губин [и др.]. – Минск: БГУ, 2002. – 133 с.
3. Каратаев, Г.И. Отчет о результатах научно-исследовательских работ по заданию 40 «Заложить геофизические реперы и создать локальные сети полигонов: Полоцкого – в 2006 году, Краснелободского – в 2007 году, Лидского – в 2008 году, Борисовского – в 2009 году, Глушкевичского – в 2010 году» Государственной программы развития Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь на 2006 – 2010 годы / Г.И. Каратаев, О.В. Мясников; Ин-т природопользования НАН Беларуси. – Минск, 2010.
4. Тэктанічная карта Беларусі // Нацыянальны атлас Беларусі / Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэсп. Беларусь. – Мінск, 2002. – С. 46 – 47.
5. Трифонов, В.Г. Стихийные бедствия в системе современных геодинамических процессов / В.Г. Трифонов // Современная геодинамика и глубинное строение территории СССР. – М.: Наука, 1990. – С. 11 – 16.
6. Тяшкевич, И.А. Новейшая геодинамика горнорудных районов по космогеологическим данным / И.А. Тяшкевич, А.Р. Понтус [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geology.by/component/content/section/37.html?layout=blog&start=18>.
7. Ульмасвай, Ф. Геологические условия возникновения зон потенциальной аварийности магистральных газопроводов на севере Западной Сибири / Ф. Ульмасвай // Газовая промышленность. – 1997. – № 7. – С. 37 – 38.
8. Геолого-тектонические условия возникновения аварийности на магистральных нефтепроводах Белоруссии / Г.А. Шароглазова [и др.] // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – СПб., 2008. – № 1. – С. 58 – 60.
9. Выполнение предпроектных геодинамических исследований в районе предполагаемого строительства Полоцкой ГЭС: отчет о НИР / Полоцкий гос. ун-т; Г.А. Шароглазова [и др.]. – Новополоцк, 2006. – 64 с. – ХД НИР № 6-1153/26552.

Поступила 07.06.2012

#### GEODYNAMIC RESEARCH PROJECTION IN THE ZONES OF MUTUALLY CONDITIONED INFLUENCE OF TECTONIC AND TECHNOGENIC FACTORS ON THE EARTH'S CRUST CONDITION

G. SHAROGLAZOVA

*The issue of mutually conditioned influence of tectonic and technogenic factors on the state of the Earth's crust in the zones of active economic activity in the Republic of Belarus is under consideration. The study covers the following places: Starobynskoye minefield, Polotsk hydro-electric power station, mainland pipelines, Ostrovetskaya Atomic Power Station. It is shown that monitoring geodesic constructions must cover tectonic faults, which commonly turn out to be epicenters of seismic events. It is necessary to supplement highly-precise GPS-GLONASS measurements in geodesic constructions by geological-geophysics and seismological studies.*